

<研究論文>利用者行動に基づいた電子通信環境の解析

著者	内木 哲也
著者別名	Uchiki Tetsuya
雑誌名	経営論集
巻	45
ページ	1-12
発行年	1997-03-25
URL	http://id.nii.ac.jp/1060/00005642/



利用者行動に基づいた電子通信環境の解析¹

内 木 哲 也

1. はじめに
2. 遺伝的アルゴリズムを用いた問題解決手法
3. 利用者特性の解析手法の提案
 3. 1 電子通信環境のシミュレーション
 3. 2 利用者の行動属性の定義
 3. 3 特性の選択決定アルゴリズム
4. シミュレーション結果と考察
5. 今後の課題

1. はじめに

組織内に電子メールや電子掲示板のような電子通信環境を導入した場合、それが活用されてその組織における有用な通信環境として成立するかどうかは、そのシステムが導入された組織内の利用者にとって有用であることが重要なポイントである^[1,2]。これは図1に示すように、概念的にはシステムが利用者にもたらす効用が、そのシステムを利用する上で阻害要因（コスト）を上回っていることであるといえることができる。そして利用者にもたらされる効用は、経験的にシステムの実質的な利用者数によって変化すると考えられている^[3]。

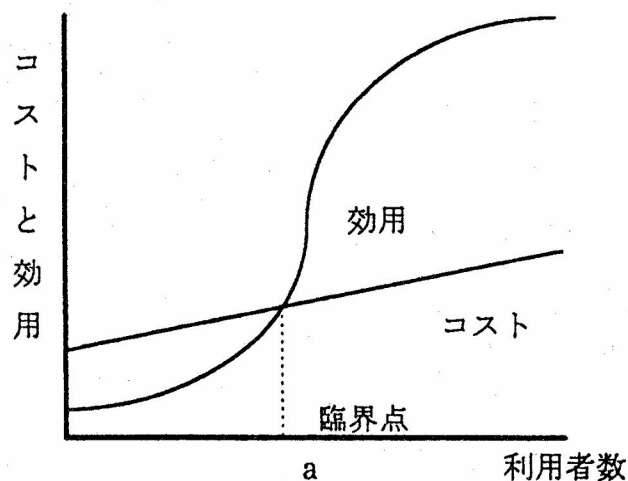


図1 システムのコストと利用者の効用の関係^[4]

東洋大学経営学部では、学生と教職員との情報交換のための実験的電子通信環境としてPCをホスト局とした電子掲示板システム（GATS-BBS）を1990年より運用してきた。その利用動向を分析してみると、確かに実質的な利用者数の増加に伴ってシステムの利用が活性化していることが伺える^[4]。しかし、より詳細に分析してみると活性化がもたらされた直接的な原因は、一部の活発な利用者が他の利用者に発した情報量の多さにあったといえることができる。その理由は、彼らが発した情報によって一般の利用者が利用時に新しい情報を入手できる可能性が高くなったことや、また多くの話題が提供されたことで議論に参加できる可能性が増大したこと、新規利用者を積極的に勧誘して利用指導したことなどが活性化の引き金であったと考えられるからである。このような環境自体の変化によって、新規利用者が増大したことだけでなく、元来の利用者も次第に利用回数が増大していき、実質的な利用者²が増大したのである。

つまり、図1の示す意味は単なる利用者の増大がその環境の効用を増大させるのではなく、実質的な利用者の増大こそが重要であるということなのである³。また、利用者の通信環境への期待や利用目的、評価などは利用者によって異なるため、利用者が環境から得られる効用はそれぞれ異なるのである。実際に、利用者の利用特性が個々人によって大きく異なっていることはGATS-BBSでも観測されている。例えば、日に数回利用する者がいる一方で数日に1回程度しか利用しない者も多い。また、利用の度に頻繁に情報を書き込む者がいる一方、利用はするがほとんど情報を書き込まない者もいるのである。しかも、これらの状況は一度決定されると、卒業・入ゼミなどによって利用者が大きく変動するまで、大きな変動もなく一種の均衡状態のように維持されることが観測されているのである。

以上のような状況から、電子通信環境には設定された状況に応じて、その環境に適合した利用者の行動特性分布が存在することが推察される。このような環境の特性を見いだす方法としては、利用者の行動特性をシミュレーションによって適合性評価することが有効であると考えられる。しかし、環境に適合する行動特性を見いだすには、多数の初期状態に対して調査する必要があるため、著者はシミュレーションの初期状態の設定、および環境に適合した行動特性の抽出に遺伝的アルゴリズム（GA）⁴を用いた解析手法を考案した。

本論文では、電子通信環境における利用者行動のシミュレーションに基づいて、その環境が成立する要件としての利用者特性を探り出す解析手法を提案する。初めに、遺伝的アルゴリズムの問題解決手法について述べる。次に、利用者の行動特性の抽出にこのアルゴリズムを用いた電子通信環境の解析手法について、その基本概念を説明すると共に実施要領について述べる。最後にこの解析結果の考察と本解析手法の有用性について述べる。

2. 遺伝的アルゴリズムを用いた問題解決手法

遺伝的アルゴリズムは、生物の進化をモデル化したアルゴリズムである。ある環境下に存在する種々の属性や性質をその環境における適応度に基づいて次世代へ受け継がせ、属性や性質の存続状態によってその環境下での適応条件を探り出そうとするものである。アルゴリズムの基本的な動作は、次のようになる。まず、ある環境下に存在する特質を表す属性や性質を遺伝子としてコード化し、初期状態として各特質を適当に存在させる。次に、現存する各特質の環境への適応度を評価し、これに従って次世代に受け継がれるべき特質が決定する。次世代の特質はこれらの受け継がれるべき特質同士を交配して、それぞれの属性や性質を適度に受け継がせることによって生成される。このようにして生成された次世代の特質は適応度を評価されて、その次の世代を作り出すために前述の操作を繰り返してゆく。この操作の繰り返しによって、環境条件に最も適した特質や、最も適した特質の分布状態を見いだすことができるのである⁵。

このように遺伝的アルゴリズムの基本的なモデルは、高度な動物や植物などとは異なり、昆虫や1年草のように、ある世代が死滅した後に次世代が生じてくるとしている。また、単純に交配によって特性を受け継がせるだけではなく、遺伝的プロセスの特徴である突然変異⁶プロセスも取り入れるのが一般的である。アルゴリズム的には、このプロセスによって初期状態に依存した局所的な解状態に陥ることを避けられるからである。

遺伝的アルゴリズムで重要となることは、生体としてみる対象をどのようにモデル化し、その特性をどのようにコード化するかという方法と共に、その特性の環境への適応度を評価する方法である。対象とする問題の性質によっては、特性が明確にコード化できると共にそれらのコード群に対する評価を数式として明確に表現できる。しかし、本論文で対象とする電子通信環境の状態変化のような問題は、利用者が利用するタイミングやシステムの状態に依存するため、単純には表現できない。しかも、より詳細かつ多様なパラメータを用いた場合にはそれらは極端に複雑になることも予測される。このような場合には、評価に際して関数ではなく、シミュレーションを用いて適応度を評価することも可能である¹⁰。以上のような理由から、本解析手法ではある特性を持った利用者を、モデル化された電子通信環境の下で実際に行動させることによって、それらの特性を評価する方法を採用する。

3. 利用者特性の解析手法の提案

本解析手法は電子通信環境の利用状況をシミュレートする部分とその環境における利用者の特性を評価する部分とからなる。前者は電子通信環境の利用者行動をモデル化した行動特性を持った利用者を定義し、設定された条件下での電子通信環境の利用状況をシミュレートしている。後者は前

者の電子通信環境シミュレーションにおける各利用者の行動特性に対する適応度の評価結果に基づき、次のシミュレーションに向けた行動特性を決定する。

3. 1 電子通信環境のシミュレーション

電子通信環境のシミュレーションにおいては、利用環境を次のように定義している。

- 1) 利用者は接続チャネルを通して利用する
- 2) チャネル数分の利用者が同時に利用可能
- 3) 発信した情報は環境内に蓄積されるが、受信相手は特定しない
- 4) 情報の受信は総利用者数に対する蓄積された情報数によって確率的に決まる
- 5) 利用者の継続利用時間は単位時間を基本として決定され、単位時間に従ってシミュレーションを行う

これは電子メールの利用環境を想定したものである。但し、発信する情報の受け手が特定できないことは本来の環境とは異なるが、本シミュレーションでは電子通信環境における利用者同士の関係やつながりを解析の対象としていないため、確率的に処理することとした⁷。

シミュレーションが開始されると、各利用者はそれぞれに割り当てられた行動特性に従って電子通信環境の利用を開始する。利用者の行動は基本的に次節に述べるような属性変数に従って単位時間毎に確率的に決定される。その時刻に利用しようとする者が設定されたチャネル数以下の場合には全員が利用可能であるが、そうでない場合は利用者はランダムにチャネル数に応じて選択される。環境に接続した利用者は必要に応じて情報を発信したり、接続時の環境の状況に応じて環境の内部に蓄積された情報を受信する。以上のようにして単位時間毎の行動が決められた時間まで繰り返される。

3. 2 利用者の行動属性の定義

電子通信環境の利用者が効用として最も強く感じることは、情報を簡単に送受信できることであり、特にそこに自分が興味のある情報を発見できることである。一方、コストとして強く感じるのはシステムの使い勝手の悪さで、これはインターフェースなどの機能的な側面も挙げることができるが、環境の成立上で特に重要なことは接続の容易さと電話料金などの接続コストである⁸。

そこで、本解析モデルにおいては利用者の属性として次の5項目を利用することとした。

- 1) 電子環境への1日当たりの利用回数 n
- 2) 1回の利用における情報の送信確率 p
- 3) 通信目的が達成されたことに対する評価係数 A

4) 接続を拒否されたことに対する評価係数 B

5) 新しい情報が受信できなかったことに対する評価係数 C

n と p は各利用者の電子情報環境に対する行動特性とも言える属性であり、シミュレーションにあたっては各利用者をモデル化したAgentがこの属性に従って行動する。 A は利用者が得られる効用を評価づけるための係数である。本解析モデルでは、個々のAgentが電子通信環境に接続した回数の中で情報を送信または受信した回数 e を効用のあった利用と考え、(1)式に示すように接続を試みた回数 r において効用があった回数 e の割合に A を掛け合わせたものをそのAgentが電子通信環境から得た効用 E として扱う。

$$E = A \times \frac{e}{r} \quad (1)$$

B 、 C は利用者のコストを評価づけるための係数である。 B は接続を拒否されたことに対するコスト感覚を表し、(2)式に示すように接続拒否に対するコスト F は接続を試みた回数 r において接続を拒否された回数 f の割合に B を掛け合わせたものとした。一方 C は接続はできたものの、新しい情報を取得できなかった場合のコスト感覚を表し、情報が得られなかったことに対するコスト G は、(3)式に示すように、接続できた回数 $r-f$ において情報が得られなかった回数 $r-f-e$ の割合に C を掛け合わせたものとした。

$$F = B \times \frac{f}{r} \quad (2)$$

$$G = C \times \frac{r-f-e}{r-f} \quad (3)$$

従って、各Agentが電子通信環境利用シミュレーションを行った後に得られる真の効用 T はシミュレーションの試行回数を m として、(4)式のように示される。

$$T = \frac{E - F - G}{m} \quad (4)$$

3. 3 特性の選択決定アルゴリズム

電子通信環境利用シミュレーションが終了したところで、全ての利用者特性によって行動した利用者が得た効用 T が決定される。この効用 T が大きい程、その利用者特性が電子通信環境から得られる効用が大きいことになるため、その環境に適合していると考えられることができる。そこで、効用 T の大きさに比例して確率的に次の世代への生き残りを決定するルーレット戦略を使用して、次世代に継承される利用者特性を選択する。

選択された特性は、同様にして選択されたもう一つの特性と交配して、次の世代に継承される利用者特性を2つ作り出す。交配においては、それぞれの行動特性パラメータ集合を継承される遺伝子と見なして、その集合を1点交叉させている。ここでは5つのパラメータがあるので、1から4までの4つの交叉点を考えており、交叉点に応じて交換されるパラメータ数が変わるのである。例えば、ABCDEとabcdeのパラメータ集合が交叉点2で交叉した場合には、AbcdeとabCDEの2種類の新たな行動特性が生成されるのである。また、次の世代の行動特性としては、ある確率で突然変異が生ずるように設定しており、その場合には生成された行動特性の一部のパラメータが乱数によって再設定される。

以上のようにして、シミュレーションの結果と遺伝的アルゴリズムを用いて次の世代のための利用者特性が決定され、次の世代の利用者によるシミュレーションが繰り返されるのである。

4. シミュレーション結果と考察

提案された電子通信環境の解析手法は、unixワークステーション⁹上にGNU C++言語¹⁰を用いて実装された。シミュレートする電子通信環境は、チャネルが1本の環境を想定し¹¹、初期状態では全く情報を持たない。シミュレーションの単位時間は10分とし、1日を10分単位に区切って144単位としてシミュレートしている¹²。利用時間は1回1単位時間に固定している¹³。1世代は、10日間の利用状況によって評価するとしている。電子通信環境は10日間連続的に利用する場合を想定しているので、1日毎に情報がリセットされることはない。

また、個々の利用者に対するシミュレーション条件は、以下に示すような実数値の範囲として設定されている。

- 1) 電子環境への1日当たりの利用回数は、0～3回
- 2) 1回の利用における情報の送信確率は、0～2
- 3) 通信目的が達成されたことに対する評価係数は、0～2
- 4) 接続を拒否されたことに対する評価係数は、0～2
- 5) 新しい情報が受信できなかったことに対する評価係数は、0～2

また、利用時間は実際には夜間に集中しているのが現状であるが、それは今回のシミュレーションの設定対象からは外している。以上のような条件で、利用者が150名で3000世代までシミュレーションを実施した場合の実行時間は約20分である。

図2は総利用者数が150名とした場合における3000世代までの各利用者特性の利用者比率の推移を50世代毎にプロットしたものである。図2に示された利用者特性の番号は、表1に示したような区分に従って分類した番号である¹⁴。この場合は1～8、17～24、33～40、49～56という特性を持っ

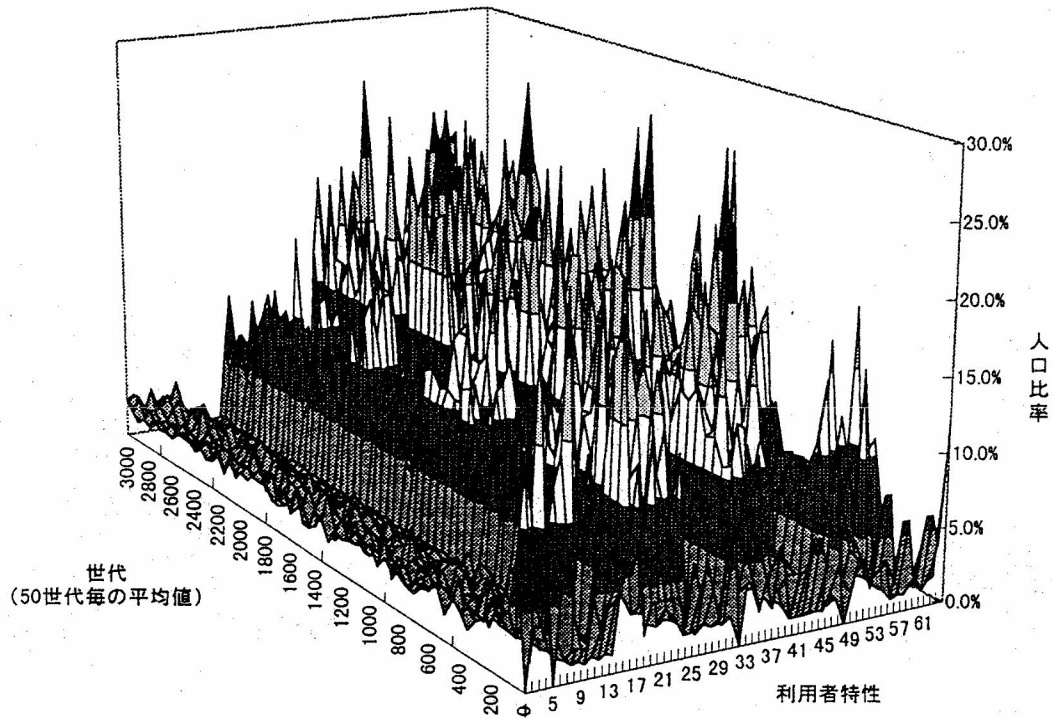


図2 総利用者150名の場合の利用者特性分布の世代的変化

表1 利用者特性番号の区分表

利用確率(1日)				0 ~ 0.75回	0.75 ~ 1.5回	1.5 ~ 2.25回	2.25 ~ 3回
送信確率	※ 利用評価	※ 非接続評価	※ 非受信評価				
0 以上 1 未満 ●	●	●	●	1	17	33	49
			○	2	18	34	50
			●	3	19	35	51
			○	4	20	36	52
	○	●	●	5	21	37	53
			○	6	22	38	54
			●	7	23	39	55
			○	8	24	40	56
1 以上 2 未満 ○	●	●	●	9	25	41	57
			○	10	26	42	58
			●	11	27	43	59
			○	12	28	44	60
	○	●	●	13	29	45	61
			○	14	30	46	62
			●	15	31	47	63
			○	16	32	48	64

※ ●は0 以上 1 以下を、○は1 以上 2 以下を示す。

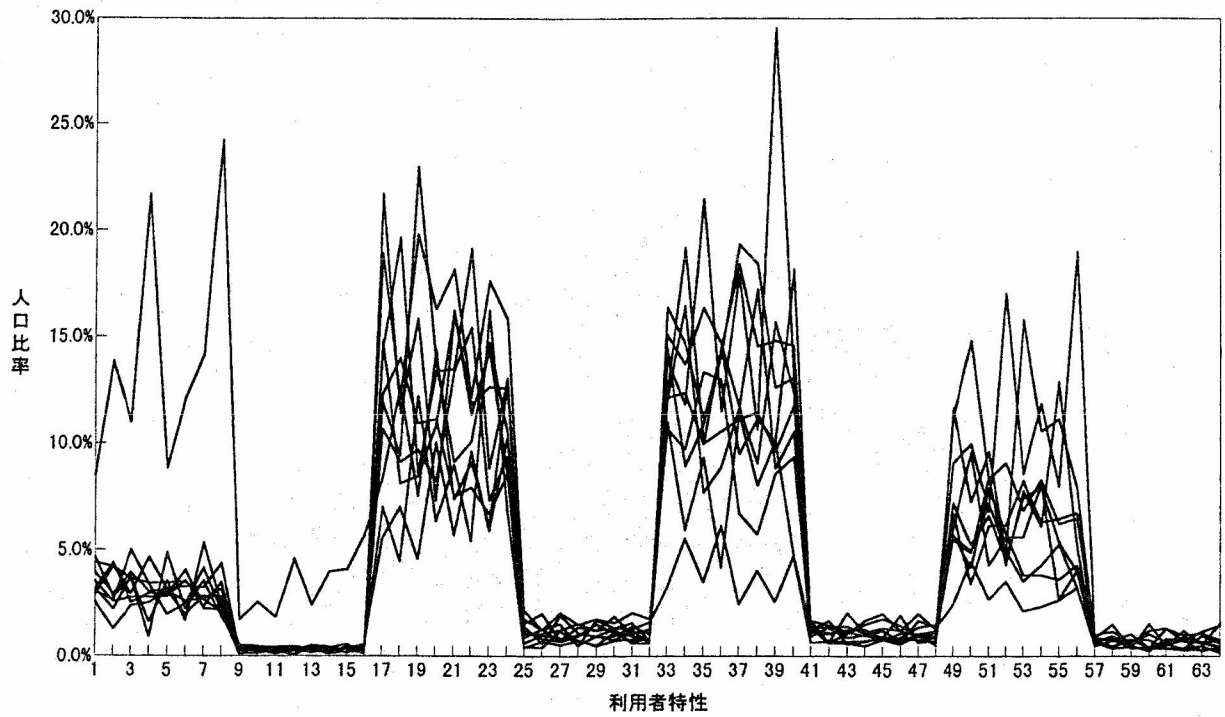


図3 500世代までの利用者特性の分布 (総利用者数150名)

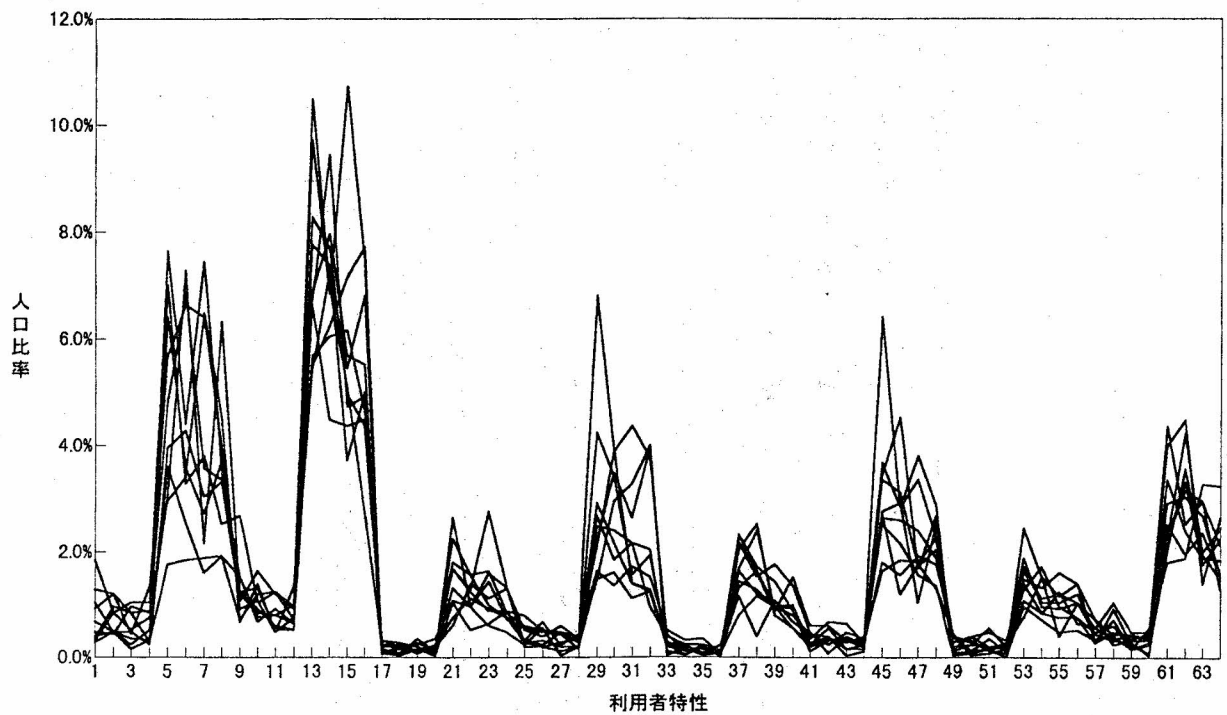


図4 500世代までの利用者特性の分布 (総利用者数50名)

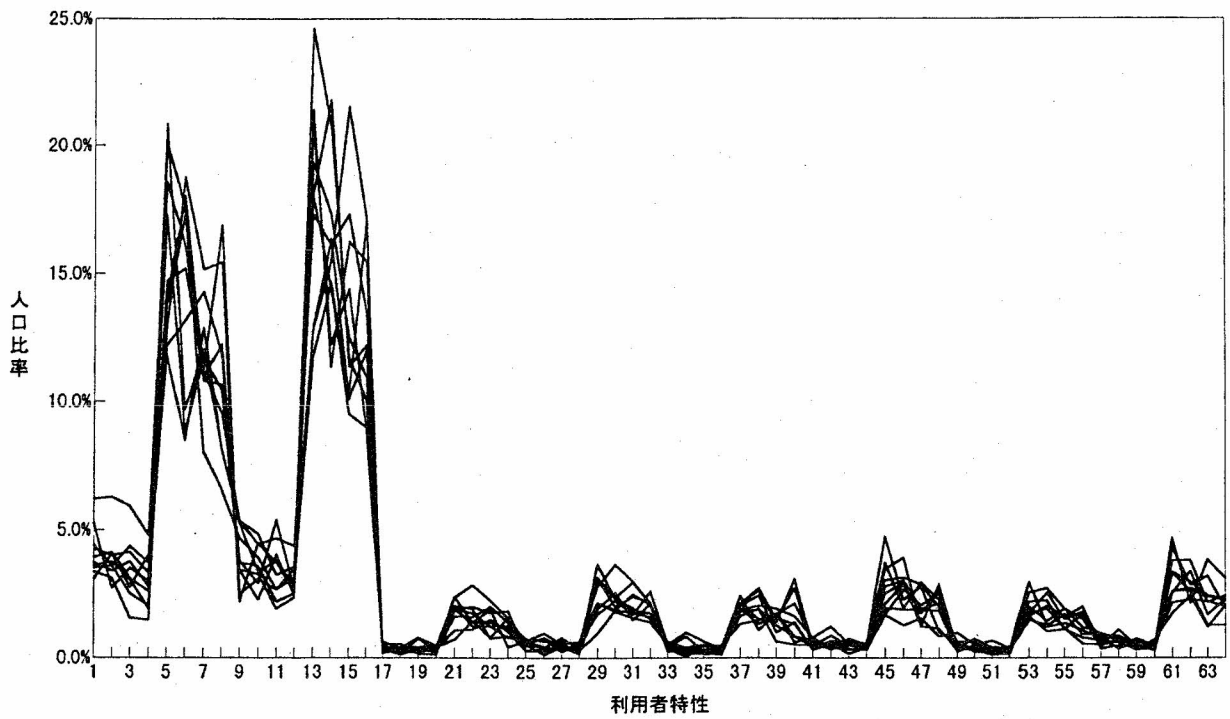


図5 500世代までの利用者特性の分布 (総利用者数100名)

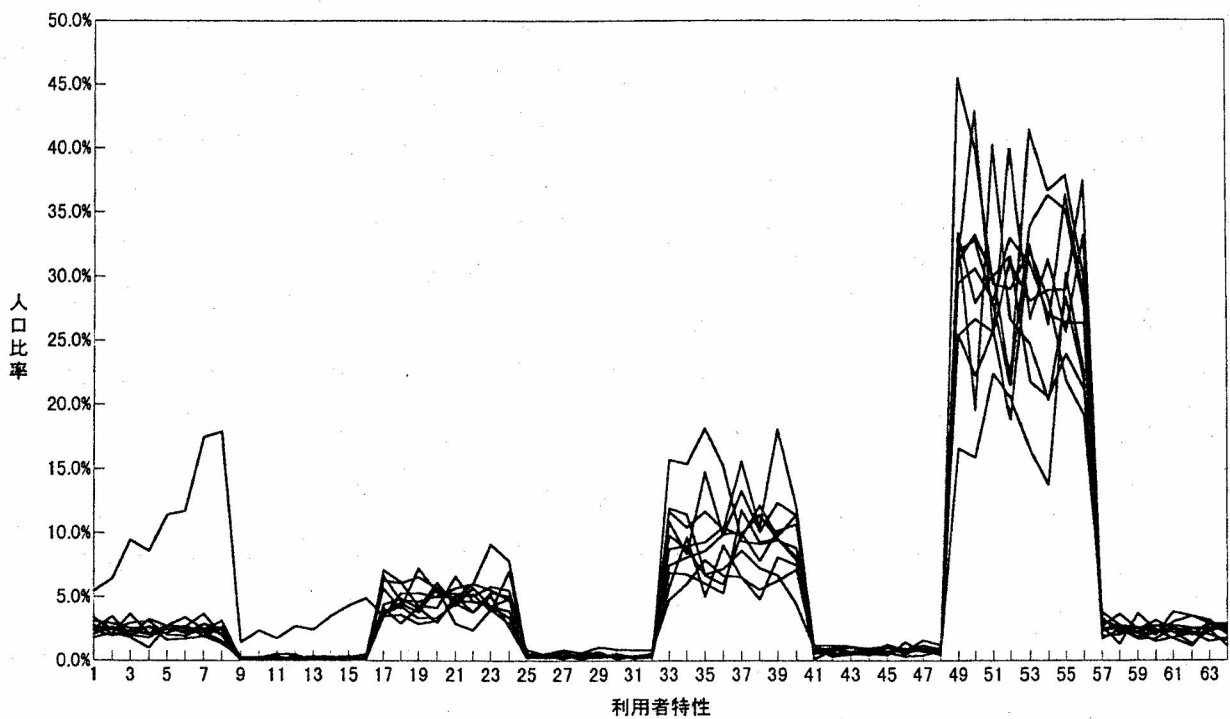


図6 500世代までの利用者特性の分布 (総利用者数200名)

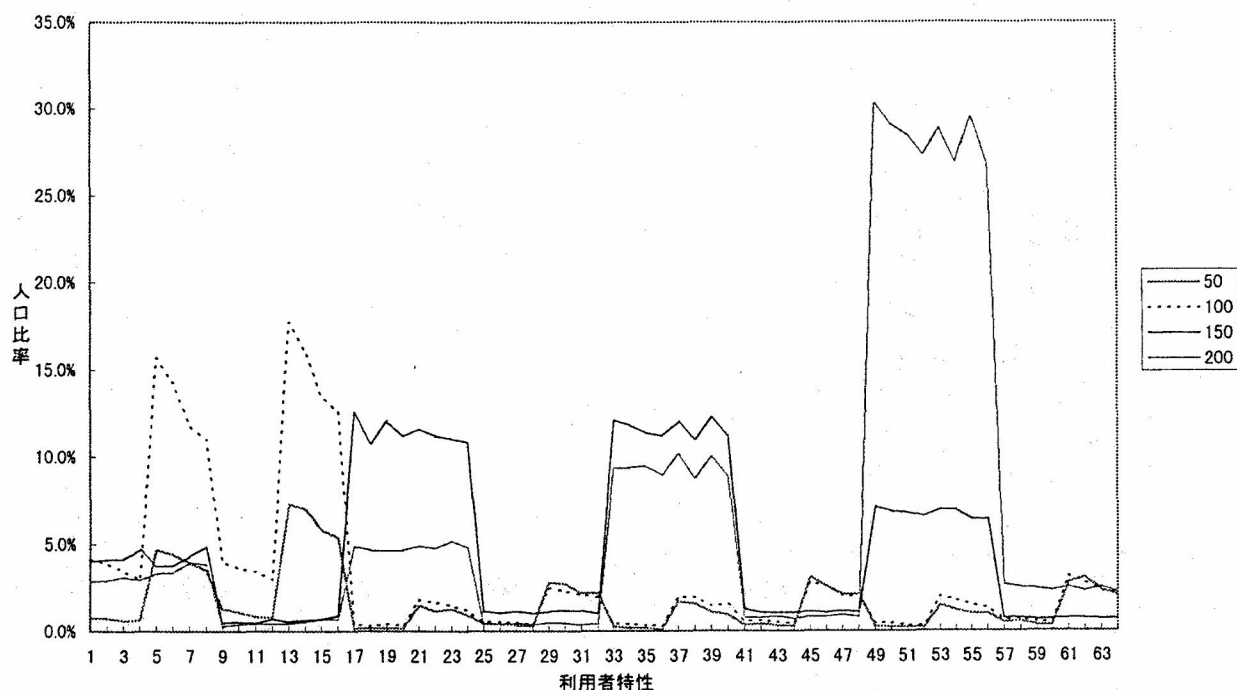


図7 500世代までの平均利用者特性分布の推移（総利用者数別）

た利用者の比率が高くなっている。その内でも初めは、1～8までの特性を持った利用者の比率が高いが、次第にそれらの比率は小さくなり、33～40、49～56という特性を持った利用者の比率が高くなっている。しかし、一度利用者の特性比率の分布が決まってしまうと、それ以降は世代を経ても分布の大きな変化は見られない¹⁵。

この特性分布の意味するところは、送信確率の1より小さい人の比率が高いということである。図2の結果を500世代までに限定して2次元に書き直したものが図3である。残念ながら、図3にも送信確率以外の特性については大きな特徴としては現れていないため、ここではそれ以上の議論はできない。次に総利用者数の変化による利用者特性分布の変化を調べてみる。図4～6は総利用者数が50名、100名、200名の場合について、図3と同様に500世代まで限定した利用者特性の分布を示している。これらの図が示すように、総利用者数によって利用者特性の分布が大きく変化している。また、図7は各総利用者数における500世代までの利用者特性分布の平均値を比較しやすいように一つにまとめたものである。50名と100名の場合の利用者特性の分布は非常に似通っており、利用評価が1以上2以下の者、すなわち利用目的が達成されたことを高く評価する利用者の比率が高くなっている。その中でも送信確率が1以上2以下の利用者の比率がより高くなっている。また、利用確率が1日あたり0.75回以下の利用者の比率が高いのも特徴的である。これらを総合すると、

総利用者数が50名または100名の場合には、利用した場合に情報を送受信したことを高く評価する利用者が環境に適合しており、その中でも利用回数が低い利用者と利用時に必ず情報を送信する利用者の比率が高くなることが示されている。

一方、総利用者が200名の場合の利用者特性の分布は図3に示した150名の場合と非常に似ており、利用評価が1未満の人の比率が高くなっている。また、1日の利用確率が150名の場合には0.75～2.25回の利用者比率が高くなっているのに対して、200名の場合には2.25回～3回の利用者比率が高くなっている。まず、先に述べた50名や100名の場合と比較して、接続時の情報の送信確率が低い利用者の比率が高くなった理由は、利用者が増えたことによって通信環境内に蓄積される情報の絶対量が増大して、受信できる可能性が高くなったことが考えられる。しかし、150名の場合には利用確率が高い利用者に毎回必ず受信させられる程の情報は蓄積してはいないが、200名の場合にはさらに通信環境内に蓄積される情報の絶対量が増大することから利用確率が高い利用者でも非常に高い確率で情報を受信できる環境となるため、利用確率の高い利用者程利用時に受ける効用が高くなっていると考えられる。

5. 今後の課題

本論文で提案した電子通信環境の解析手法によって、通信環境が固定的な場合には利用者数の変化によって利用者の利用特性が大きく異なることが示された。遺伝的アルゴリズムはその性質上、局所解に陥る可能性が小さいと考えられるが、本解析手法の有効性を示すためには乱数系列の差による結果の違いについての検証が必要である¹⁶。また、利用回数や情報の送信確率、評価係数の上限値の違いによる結果の変化や、通信環境の持つチャネル数の違い¹⁷による変化などについての検討も必要とされる。

著者は、BBSのような電子通信環境が成立する要因を利用者の行動に基づいて解析すると共に、シミュレーションによって再現することを目的として研究している。本論文で述べた研究成果は、この研究の一環としてなされたものであるが、電子通信環境の利用動向をシミュレートするためには、今回実施された解析手法を発展させて、総人口の増減¹⁸までもモデル化する必要がある。それと同時に、これまで統計的に処理してきた利用動向を個人レベルで解析できるような情報収集も必要となると考えられる。

注

- 1 本研究は文部省科学研究費奨励研究(A)「利用者行動のシミュレーションによる組織利用型情報システムの成否分析」課題番号08780406の研究補助金に基づいて研究された。

- 2 利用登録のみで実際にはほとんど利用していない利用者に対比して、実際に利用している利用者をこのように表現した。
- 3 しかし、一般的に言えば利用者数の増大は実質的な利用者数の増大にも寄与すると考えられるため、利用者数の増大によってシステムの効用が増すと言っても過言ではない。但し、文献[3]にも述べられているように、利用希望者ではなく単に利用登録者を増加させることは利用者数の増大ではなく、利用状況の水増しに過ぎないため、システムの効用にはつながらない。
- 4 Genetic Algorithm の略。
- 5 遺伝的アルゴリズムについては文献[5]に詳述されている。
- 6 親の特質とは全く異なった特質が子供に突然現れるようなプロセス。
- 7 利用時間が固定長であることも実際とは異なるが、電子メールの送受信に限定していることと、1回に送受信できる数を2つ以内に限定していることから、影響が小さいと考えられるため、本シミュレーションでは固定長とした。
- 8 これらの項目は一般のパソコン通信環境の運営、維持上の注意点として挙げられているが、GATS-BBSを運営中にも同様の苦情や意見が利用者から多く寄せられている。
- 9 SUN ワークステーションのOEMである東芝AS4050を用いた。
- 10 本体はSUN-OS上のC言語で書かれているが、乱数発生関数部分のみGNU C++を用いている。
- 11 実験的な想定のため通信チャンネルを1本としたが、現在のGATS-BBSも外部回線は1回線となっている。
- 12 単位時間を1分とすると現在の約10倍のシミュレーション時間が必要とされる。
- 13 今回は個々の利用者の利用時間を固定としたが、これを利用者の特性に組み込んで可変長とすることも可能である。
- 14 以下のシミュレーション結果では、全て表1に従った分類番号を用いている。
- 15 本論文では総利用者数150名の場合のみを示しているが、総利用者数が50名、100名、200名の場合でも3000世代までシミュレーションした結果から同様のことが観測された。
- 16 今回のシミュレーションではプログラムのバグを検出するため、全て同系列の乱数を用いた。
- 17 利用時の拒否数に違いが生ずる。
- 18 どのような利用者が死滅してゆくのか、さらには新規加入をどのように扱うかなどのモデル化が必要である。

参考文献

- [1] 内木哲也「双方向通信メディアの成立要因の分析」『利用者指向の情報システムシンポジウム論文集』情報処理学会, pp.125-132, 1996.
- [2] 内木哲也「ネットワーク型情報処理システムの普及と利用基盤との関連性」『情報処理学会研究報告』情報処理学会, Vol.92, No.81, pp.33-41, 1992.
- [3] Matthias Jarke, *Managers, Micros and Mainframes-Integrating Systems for End-Users-*, John Wiley & Sons Ltd., 1986, (渡辺奎吾, 三重野研一訳『戦略的情報システムの構築法』啓学出版, 1989).
- [4] 内木哲也「組織内電子情報通信環境の成立要因に関する一考察」『経営論集』東洋大学経営学部, No.40, pp.91-107, 1994.
- [5] 北野宏明「遺伝的アルゴリズムの基礎」『遺伝的アルゴリズム』産業図書, pp.3-41, 1993.
- [6] 星野力, 他「遺伝的アルゴリズムによる動物行動様式の学習と進化」『遺伝的アルゴリズム』産業図書, pp.287-304, 1993.

(1997年 2月 4日受理)